

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁶ G02B 6/18	(11) 공개번호 특1998-702330
	(43) 공개일자 1998년07월15일
(21) 출원번호 (22) 출원일자 번역문제출일자 (86) 국제출원번호 (86) 국제출원출원일자 (81) 지정국	특1997-705727 1997년08월19일 1997년08월19일 PCT/US 96/019813 1996년12월11일 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 핀란드 국내특허 : 오스트레일리아 캐나다 중국 일본 대한민국
(30) 우선권주장	8/575,495 1995년12월20일 미국(US)

(71) 출원인	코닝 인코오포레이티드 알프레드 엘. 미첼슨 미합중국 14831 뉴욕 코닝 리버프러트 프라자 1
(72) 발명자	에반스, 알란 에프. 미합중국, 14812 뉴욕, 비버 담스, 5090 카운티 루트 41 놀란, 다니엘 에이. 미합중국, 14830 뉴욕, 코닝, 스카이라인 드라이브 28
(74) 대리인	이철, 영승운

심사청구 : 없음

(54) 증폭기내의 감소된 편광효과를 위한 섬유

요약

본 발명은 희토류 원소로 도프된 내부 유리 코어 및 외부 투명한 유리 클래딩을 포함하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 단일모드 광섬유에 관한 것이다. 상기 섬유는 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 형성되어 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 복수의 모드 커플링 부위가 표시된다. 상기 부위는 섬유에 토르크를 적용시켜 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 뒤틀림에 의해 형성된다. 상기 섬유를 제조하는 방법 또한 개시된다.

대표도

도5

명세서

기술분야

본 발명은 많은 스핀 (spin)을 가지며 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 희토류로 도프된 섬유에 관한 것이다.

편광 홀-버닝 (polarization hole-burning, PHB) 및 편광-의존 이득 (plarization-dependent gain, PDG)은 선행 기술의 예르븀으로 도프된 섬유-증폭기 (erbium-doped fiber-amplifier, EDFA) 전송 시스템을 제한하는 두 개의 이방성 이득 효과이다. 상기 효과는 단일 증폭기내에서 상당히 작지만, 많은 수의 증속 접속된 EDFA 때문에 예를 들면 대양 횡단 시스템 (transoceanic system)과 같은 긴 수송에서 신호-대-잡음 (signal-to-noise) 비율을 상당히 감소시킨다.

편광-홀 버닝은 포화광 (saturating light) 신호가 같은 편광을 갖는 섬유내에서 이득을 더 약한 광 신호로부터 더 강한 신호로 만들 때 일어난다. 그 결과로, 포화광 신호에 직교하는 편광은 향상된 (이방성의) 이득, ΔG를 경험한다. 섬유-증폭기 전송 시스템에서, 무작위로 편광 증폭된 자발적 발산 (amplified spontaneous emission, ASE) 잡음은 이득 포화 데이터 신호와 함께 존재한다. 신호 편광에 직교하는 상기 ASE 성분은 각 증폭기에서 더 높은 이득을 경험하며, 예상보다 더 빠르게 커진다. 증폭된 시스템은 통상 일정한 증폭기 출력 파워 (power)와 함께 이득 압축에서 작동하기 때문에, 빠르게 커지는 ASE 잡음은 데이터 신호로부터 파워를 빼앗고 신호-대-잡음 비율이 떨어진다.

한편, 편광-의존 이득은 펄프 광파 (lightwave) 편광에 의해 발생된 이방성 이득이다. 상기 펄프 편광과 동일한 축을 따라 배열된 방위의 무작위 분포내의 예르븀 이온은 우선적으로 여기 (excited)된다. 같은 편광

을 같은 광은 상기 이온을 발여기시켜 다른 편광에 비교해서 초과 이득을 경험한다. 또한, 상기 효과는 시스템의 성능을 저하시킨다.

입사광 및 증폭기 이득 내의 편광 특성은 PHB 및 PDG상에 극적인 효과를 가질 수 있다. 상기 PHB효과는 최근에 브이. 제이. 마주르치크 (V.J. Mazurczyk) 및 씨. 디. 폴 (C. D. Poole)의 The Effect Of Birefringence On Polarization Hole Burning In Erbium Dope Fiber Amplifiers, Proc. Optical Amplifier Conference, ThB3-1, 77-79, 1994 에서 보고된 큰 복굴절의 (birefringent) 에르븀으로 도프된 섬유에서 설명되었다. 상기 저자가 나타낸 바와 같이, 도 1은 고 복굴절 섬유에서 신호 발사각 (launch angle) 함수에 따른 포화 신호에 대한 평행 대 수직인 표지체 (probe) 신호 편광에 대한 이득의 차이를 설명한다. 별크한 증폭기 모델에 따라, 이득 이방성의 최대값은 원 편광을 위한 선형 편광 및 비이등방성에 대해 기대된다. 그러므로, 상기 신호가 복굴절축들 ($\theta=0^\circ$ 또는 90°)중 하나를 따라 발사될 때, 상기 신호는 직선상으로 편광된 상태로 머물며 최대의 이득 차가 발생한다. 45° 에서, 상기 신호는 편광 상태의 최대 범위를 통해 전개되며, 상기 증폭기에 걸친 부위상 다른 이득의 평균은 전체 이득 차를 감소시킨다. 복굴절의 무작위화 (1 지름 드럼 (drum)상의 도 1의 큰 복굴절 섬유를 감아올림으로써 도 2에 도시함)는 상기 편광 전개를 무작위화시키고 ΔG 를 감소시킨다. 전통적인 EDFA가 저 복굴절 (몇 미터의 길이)을 가져서, 무작위 복굴절은 이득에 대한 발사 비트 편광 의존성을 더 많이 낮춘다. 실제로, 피. 에프. 위소키 (P.F. Wysocki)는 1994년 Optical Amplifier Conference, 80-82, ThB4-1에 발표한 Polarization hole-burning in erbium-doped fiber amplifiers with birefringence에서 하기 수학적 식 1과 같이 선형도 (degree of linearity, DOL)에 대한 의존을 정량화시켰다.

$$\Delta G_a(dB)=DOP^a\left(\frac{\Delta G_{max}(dB)}{L}\int_0^L(DOL_{pol})^2dz\right)$$

상기 식에서, DOP는 편광도이고, DOL은 선형도이며, L은 섬유 길이이고, a는 상기 신호의 부분 또는 전체의 편광된 부분에 대해 각각 1 또는 2이다. 선형편광도 즉, DOL은 전체 푸앵카레 (Poincare) 구로 적분될 때 $2/3$ 으로 평준화될 것이다. 이것은 더 빠른 편광이 더 늦은 편광면을 통과할 때, 두 개의 편광된 파가 편광의 원형 상태를 통하여 직선을 나타낼 것이기 때문이다. 이것은 위소키 논문에서 논의된 바와 같이, 통상적인 에르븀으로 도프된 섬유에서 매번 발생할 것이다.

편광도 즉, DOP는 편광의 주상태를 이용하여 정의되었다. 이것은 본 발명의 주제가 되는 변수이다. 상기 주상태는 편광 고유함수 (eigenfunction, 즉 편광함수 (eigenpolarization))를 말하며, 직선의 타원형 섬유에서 상기 상태는 장축 또는 단축을 따라 고유편광을 갖는다. 상기 고유편광은 상기 섬유에 걸쳐 일정하게 유지되는 반면, 편광의 신호 상태는 푸앵카레 구를 가로지른다. 예를 들면, 뒤틀린-타원형의 섬유에서 상기 고유편광은 뒤틀린 비율뿐 아니라 장축 및 단축의 함수이다. 상기 DOP를 감소시키는 하나의 접근방법은 전송기에서 상기 편광을 뒤섞는 것이다. 그러나, 상기 접근방법은 상기 편광을 뒤섞기 위해 비용이 많이 드는 활성 성분을 필요로 한다는 단점을 갖는다.

본 발명의 방향은 상기 수학적 식 1에서 DOP를 최소화함으로써 편광 의존 이득인 ΔG 를 최소화시키는 것이다. 상기 DOP는 앤. 기신 (N. Gisin)이 1994년 Symposium on Fiber Optics Measurements', NIST, p 193-196에 발표한 The Statistics of Polarization Dependent Losses'에 의해, 예를 들면, $DOP=|M|$ 로 정의되며, 여기서 $|M|$ 는, 저장 변수 S_1 , S_2 및 S_3 로 언급되고, $M=(S_1^2+S_2^2+S_3^2)^{1/2}/S_0$ 이며 S_0 은 전체 파워이다. 상기 벡터 M은 비편광된 광이 직교 편광 상태의 동일한 혼합물로서 간주될 수 있기 때문에, 두 개의 직교 편광 상태의 혼합물과 관련된다. 상기 DOP는 직교 편광 모두에서 동등한 파워를 보장하여 0으로 될 수 있다.

배경기술

본 발명의 목적은 증폭된 섬유 광 시스템에서 편광 홀-버닝 및 편광 의존 이득을 감소시키는 것이다. 상기 목적은 동일한 수의 두 개의 직교하는 편광 상태를 발생시키는 섬유내에 다수의 편광 모드 (mode) 커플링 부위를 형성시켜 상기 DOP를 최소화시킴으로써 달성된다. 상기 섬유내의 다수의 편광 모드 커플링 부위의 형성은 상기 도프된 섬유의 아래로 상기 광이 전도될 때, 동수의 편광 고유상태가 통계적 의미에서 높은 확률로 일어날 수 있다. 입력 신호의 증가된 편광 모드 커플링은 편광 홀-버닝을 감소시킬 것이고, 펄스 레이저 광의 증가된 모드 커플링은 편광 의존 이득을 감소시킬 것이다.

본 발명에 있어서, 도 7 내지 10에서 나타난 바와 같은 회전을 범위에 걸친 단일 모드의 회로류로 도프된 섬유의 스펀 또는 뒤틀링, 및 회전 방향의 선택은 직교하는 편광 모드 사이에서 필요한 커플링을 도입한다. 상기 방법은 만일 많은 편광 모드 커플링 부위가 아니라면, 몇몇 부위를 유도하기 위해 상술된 방법으로 스펀시키는 섬유 인발 (drawing) 공정에서 성취될 수 있다. 상기 회전율은 상기 섬유의 복굴절에 의해 결정되고, 역 비율의 수는 편광 모드 커플링 부위의 바람직한 수에 의해 결정된다. 섬유 조각내의 국부 복굴절은 알려져 있지 않으며 변할 수 있기 때문에, 고정된 상수 값보다 오히려 어떠한 범위의 비율 및 역 길이가 바람직하다. 편광 모드 분산 (dispersion)을 감소시키기 위한 전송 섬유의 스펀은 잘 알려져 있는 반면, 본 발명에서 증폭기 섬유의 회전은 두 개의 무관한 편광 효과를 감소시킨다.

연속 또는 시계 방향 및 반시계 방향으로 섬유의 스펀 또는 뒤틀링은 편광 모드 분산을 감소시키는데 이용될 수 있다는 사실은 잘 알려져 있으며, 예를 들면, 울리히 (Ulrich) 및 시몬 (Simon) (, Applied Optics Vol 18, No. 13, July 1, 1979) 및 페인 외 (Payne et al.) (PCT 출원 제 83/00232호) 및 하트 외 (Hart et al.) (미국 특허 제 5,298,047호 및 5,418,881호)등이 있다. 한 방향으로 뒤트는 것은 페인이 설명한 바와 같이, 광이 섬유 아래로 전개될 때 두 개의 편광 모드 사이의 시간 지연 차이를 감소시킨다. 양 방향으로 뒤틀기 또는 스펀시키기로 된 편광 모드 커플링은 상기 시간 지연 차를 보상하는데 사용될 수 있다. 이것은 울리히 및 시몬의 2250 페이지에서 설명된다. 상기 모드 교환이 일어나는 거리는 매우 클수 있는데, 예를 들면, 상기 거리는 몇십 또는 심지어 몇백 미터나 된다. 사실상, 울리히 및 시몬은 상기 교환이 상기 전송 스펀 (span)의 중간부분에서 동시에 행해질 수 있다는 것을 제안했다. 상기 교환이 얼마나 자주 일어나야하는지에 관해 거의 공개된 바가 없지만, 무작위 커플링 효과가 보상을 위한 적절한 모드 혼합의 가능성을 감소시키는 모드 혼합

을 발생시키기 전에 상기 가 일어나야 한다.

PHB 및 PDG와 관련하여, 선행 기술은 스펀시키기 또는 뒤틀기가 어떻게 상기 효과를 감소 또는 제거할 것인지에 대해 언급한 바 없다. 하트 외 및 페인 외에 의해 개발된 PMD에 대한 식은 PHB 및 PDG에 적용될 수 없다. 상기 두가지 현상에 대하여, 본 발명에서 제안된 모드 커플링은 입사광이 상기 섬유내의 전체 길이 아래로 전개될 때, EDFA 섬유내의 입사광이 하나의 편광 고유상태에서 상기 섬유내에 남아있는 나쁜 상황을 막기 위해 이용된다. 상기 섬유내에서 많은 편광 모드 커플링 부위를 발생시킴으로써, 상기 나쁜 상황이 일어나지 않는다는 사실이 통계적으로 확인되었다. 본 발명에서, 상기 모드 커플링 부위는 1/2 미터 이하에서 발생한다. 상기 회전율은 결과적으로 오히려 및 시론에 의해 개발된 기술에 의해 설명된다.

부가적으로, 상기 편광 모드 커플링 효과는 타원율 또는 응력 (stress)을 통해 작지만 한정된 양의 복굴절을 갖는 예형 (preform)를 제조함으로써 더욱 강화될 수 있다. 상기 복굴절 길이가 알려지고 그러므로 스펀 및 역 길이를 더 잘 특정지을 수 있기 위해, 우리는 한정된 복굴절을 갖는 섬유를 제조할 수 있다. 상기 복굴절은 작은 타원율 또는 응력을 갖는 섬유를 형성하여 부가될 수 있다. 타원율 또는 응력이 복굴절에 어떻게 영향을 주는지에 대한 식은 라스라이 (Rashleigh) (Origins and Control of Polarization Effects in Single Mode Fibers, Journal of Light Wave Technology, Vol. 1, No. 2, June 1983)에 의해 개발되었다. 한정된 복굴절은 적어도 두가지 장점을 가진다. 첫째, 상기 한정된 복굴절, 즉 도프된 섬유는 부가적인 뒤틀림 복굴절 및 증폭기내에서 단단하게 고정으로써 발생한 우연한 모드 커플링에 둔감하다. 둘째, 한정된 복굴절은 섬유 제조과정 동안 유도된 우연한 복굴절을 억제할 것이다. 결과적으로, 상기 요구된 스펀율 및 역길이는 명확하게 한정될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- 도 1 내지 4는 편광 홀 버닝 또는 다양한 복굴절을 및 전개를 도시하는 종래의 EDFA를 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 본 발명을 수행하는데 적합한 섬유 인발 기구의 개략도이다.
- 도 6은 본 발명에 의해 제조된 광섬유 단편의 투시도이다.
- 도 7 내지 10은 본 발명의 광섬유를 제조하기 위한 섬유 길이 함수에 따른 다양한 스펀율을 나타낸 그래프이다.
- 도 11은 히토류 원소로 도프된 섬유 증폭기내에서 본 발명의 광섬유를 이용하는 일 실시예를 개략적으로 도시한 도면이다.

발명의 상세한 설명

이하 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 좀 더 구체적으로 설명하며, 도 5는 본 발명을 수행하는데 용이한 섬유 인발 기구(10)를 개략적으로 도시한 것이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 예형(12)은 용광로(14)내에서 세로로 올려지며 용해된 유리가 상기 예형로부터 미세한 섬유(16)로 뽑혀질 수 있을 때까지 가열된다. 상기 섬유 지름은 모니터화 장소(18)에서 측정되며 결국, 상기 섬유가 예형로부터 계속적으로 뽑혀질 때, 상기 섬유는 코팅 장소(20)에서 보호적인 플라스틱 층 (도시되지 않음)으로 코팅된다. 본 발명에서, 결국 상기 섬유는 일련의 롤러(22, 24 및 26)를 통과하고, 상기 롤러 중 적어도 하나(22)는 본 명세서에서 더 충분히 기술된 바와 같이 선택적으로 시계 및 반시계 방향으로 규칙적인 간격에서 상기 섬유에 적용되는 토크 (torque)를 발생시키기 위해 회전된다. 롤러(26)를 통과한 후에, 상기 섬유는 저장 드럼(28) 주위에 감겨진다.

도 5에서 개략적으로 기술된 섬유 인발 부분은 상기 분야에 통상의 지식을 가진 자에게 잘 알려진 기구를 나타낸다. 도 5에서 예시된 공정으로부터 제조된 결과적인 섬유는 본 발명에 의해 제조된 광섬유 길이의 단편에 대한 투시도인 도 6에서 설명된다. 상기 섬유는, 상술된 바와 같이, 시계 방향 후 반시계 방향 또는 그 역으로 선택적으로 토크를 적용함으로써 제조된 스펀 또는 뒤틀림의 선택적인 길이를 갖는다. 상기 섬유의 스펀 또는 뒤틀림은 각각의 선택적 길이내에서 단일하다. 역길이는 L로서 표시되며, 미터 단위의 반대 방향의 스펀 사이의 길이이다. 도 (degree) 또는 라디안 (radians) 단위의 각, θ 는 상기 회전 신호가 바뀌기 전에 상기 섬유가 한 방향으로 수행되고 상기 섬유가 서로 반대 방향으로 스펀하거나 뒤틀리는 전체 회전을 나타낸다. 도 6에 도시된 섬유에 대하여, 시계 방향 및 반시계 방향으로 선택하는 일정한 스펀과 함께, 뒤틀림/미터

단위의 상기 스펀율은 만일 각이 도 단위라면 $\theta/(360^\circ \times L)$ 로, 만일 각이 라디안 단위라면 $\theta/(2\pi \times L)$ 로 쉽게 정의된다. 더 일반적으로, 상기 섬유는 그 길이에 걸쳐 비단일한 뒤틀림을 가질 수 있다. 변수, θ 및 L은 같은 정의를 갖지만, 상기 스펀율은 국부적으로 정의되며, 아주 작은 거리내에서 값을 변화시킬 수 있다. 각 θ 는 약 60 내지 완전 회전인 360° 까지 변할 수 있다. 몇몇 경우에 있어서, 1 내지 5의 완전 회전이 사용될 수 있다. 상기 국부적인 스펀율은 섬유의 극소 길이에 대한 회전 교환의 순간 각의 비율에 관련된다. 미분 표시법에서, 국부적인 스펀율은 $d\theta/dL$ 이 근해진 $1/360$ 또는 $1/\pi$ 이다.

미국특허 제 5,298,047호 및 제 5,418,881호는 본 발명에서 사용될 수 있는 선행 기술 및 기구를 나타내고, 여기서 토크는 가이드 롤러를 축 주위에 왕복운동 (진동)시키는 가이드 롤러기에 의해 적용될 수 있으며, 상기 축은 실질적으로 상기 섬유 인발 방향에 수직이고, 상기 롤러 회전 방향에 수직이다. 상기 참조들은 참고로 본 명세서에 포함된다. 부가하여, Optical Fibers And Their Manufacture의 제책으로 공개된 PCT 출원 제 WO 83/00232호 및 엠. 제이. 마론 외 (M.J. Marrone et al.)(, 1987 Optical Society of America)도 또한 광섬유에서 규칙적인 간격의 뒤틀림을 제공하기 위해 선행 기술 및 기구를 나타낸다. 상기 뒤틀림을 제공하는 토크는 상기 선행 기술에서 개시된 바와 같이, 상기 예형을 회전시키거나 가이드 롤러의 조작에 의해 수행될 수 있다. 미국특허 제 4,509,968호 및 제 4,308,045호는 또한 본 발명의 섬유에 스펀 또는 뒤틀림을 제공하는데 사용될 수 있으며, 참고로 본 명세서에 포함된 섬유 상에 비틀림을 주기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

도 7 내지 10은 본 발명의 광섬유를 제조하는데 이용하기 위한 섬유 길이 함수로서 다양한 스펀율을 도시한다. 광섬유를 따라 변하는 대부분의 기본 스펀율은 도 10에 도시된다. 어떠한 스펀 함수는 도 7 내지 9에서 도시된 바와 같이 일정하고 사인 곡선의 함수의 직쇄상 증폭으로 표시될 수 있다. 도 6에서 이미 기술되고 도시된 바와 같이, 바람직한 역길이, L은 상기 모드 커플링 부위의 바람직한 수에 의존하며, 상기 스펀율은 섬유 복굴절율에 의존한다. 상기 역길이는 도 10의 사인 함수 주기로 정의된다. 그러나 상기 섬유는 신호 파

장 및 펄스 레이저 파장으로부터 모드-혼합 부위를 지지하여야 한다. 상기 섬유 복굴절율이 파장에 의존하기 때문에, 상기 스핀 프로파일 (profile)은 두 개의 사인 곡선의 중첩이어야 하며, 상기 두 개의 사인 곡선 중 하나는 상기 신호 파장에서 모드-혼합을 만들며, 하나는 상기 펄스 레이저 파장에서 모드-혼합을 형성한다. 도 7 내지 9는 다른 고차수의 조파 (harmonics)를 갖는 기초적인 사인 곡선을 혼합하여 형성된 스핀 함수이다. 그러므로, 상기 광섬유의 복굴절율에서의 변화를 설명하기 위해, 다양한 다른 스핀율이 고려될 수 있으며, 상기 기술된 바와 같이 이용될 수 있다. 상기 스핀 파고 (amplitude) 및 진동수가 변하기 때문에, 상에 걸맞거나 또는 거의 걸맞는 모드 커플링이 섬유 복굴절율의 광폭 밴드로 나타날 수 있다. 전술한 바와 같이, 광섬유 길이에 따른 스핀율은 국부적인 복굴절율에 크게 의존한다. 본 발명의 히토류 원소로 도프된 단일 모드 섬유는 상기 스핀을 공정화된 섬유의 복굴절율에 의존하여 사용될 수 있는 그의 유사 스핀율의 어느 하나를 사용하여 제조될 수 있다.

도 11은 본 발명에 의해 제조된 광섬유를 활용하는 히토류로 도프된 섬유 증폭기를 개략적으로 도시한 것이다. 도 11에 있어서, 약한 광입력 신호(32)는 외부 펌프원(38)로부터 빛과 그것을 결합시키는 파장 분할 다중화 커플러(34)를 통과하여 직측으로부터 도입된다. 그 다음, 상기 펌프 및 신호광은 통상적으로 20 내지 30미터인 에르븀으로 도프된 섬유(36)의 일측 말단에 도입된다. 상기 펌프로부터의 광은 도펀트 원자를 여기시켜 고에너지 수준으로 그들을 이동시킨다. 신호 파장에서 광은 여기된 원자를 자극시켜 그들의 바닥상태로 떨어뜨리고, 신호 파장에서 초과한 광에너지를 방출시켜며, 그 다음 증폭된 신호(40)는 출력 섬유로 향한다.

본 발명은 어떤 단일모드 히토류로 도프된 섬유를 수용할 수 있지만, 에르븀-도프된 섬유가 특히 바람직하다. 통상적으로 이들 섬유는 약 125마이크론의 외부직경 및 약 5 내지 6마이크론의 직경을 갖는 내부 코어를 구비한다.

상기 섬유 코어 및 클래딩은 고순도 용융 실리카로 제조된 것이 바람직하다. 일반적으로, 섬유의 양굴절율에 의해 언급된 바와 같이, 미터당 몇몇 뉘틀럼은 1/2미터 이하의 간격으로 적용된 선택적인 토르크로 상기 섬유상에 새겨진다. 통상적으로, 미터당 약 1 내지 4의 뉘틀럼이 바람직하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품에 있어서, 상기 섬유가 굴절율이 n_1 이며, 히토류 원소로 도프된 내부 코어 및 굴절율이 상기 n_1 보다 작은 n_2 인 외부 클래딩을 포함하며, 상기 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 형성되어 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 복수의 모드 커플링 부위가 상기 섬유에 더욱 표시된 것을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 2. (a) 투명한 외부 유리 클래딩에 의해 감싸여진 히토류 원소로 도프된 내부 유리 코어를 갖는 예형을 제공하는 단계;

(b) 통상의 방법으로 상기 예형으로부터 섬유를 인발시키는 단계;

(c) 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 복수의 뉘틀럼을 부여하는 단계를 포함하고, 이에 의해 형성된 복수의 모드 커플링 부위는 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 것을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 광섬유의 제조방법.

청구항 3. 제 2항에 있어서, 상기 예형이 한정된 타원율로 제공됨을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 광섬유의 제조방법.

청구항 4. a) 히토류 원소로 도프된 내부 유리 코어, 및 외부 투명한 유리 클래딩을 갖는 광섬유 예형을 제공하는 단계;

b) 상기 예형의 적어도 일부분을 가열시키는 단계; 및

c) 상기 열처리된 예형으로부터 광섬유를 인발시켜 상기 섬유상에 스핀을 새기는 단계를 포함하고, 여기서

d) 상기 c)단계가 섬유의 세로영역을 감싸는 회전을 섬유에 부여하는 토르크를 광섬유에 적용시켜 광섬유가 예형으로부터 인발됨에 따라 광섬유상에 스핀을 새기는 단계를 포함하고, 여기서 상기 토르크는 모드 커플링을 유도하기 위해 적용됨을 특징으로 하는 광섬유의 제조방법.

청구항 5. 제 4항에 있어서, 상기 토르크가 시계방향 및 반시계 방향으로 선택적으로 적용되어 상기 스핀이 시계방향 및 반시계 방향으로 새겨지는 것을 특징으로 하는 광섬유의 제조방법.

청구항 6. 제 5항에 있어서, 상기 c)단계가 풀리머 코팅으로 섬유를 코팅시키는 단계 및 가이드 롤러에 상기 코팅된 섬유를 접촉시키는 단계를 포함하며, 여기서 상기 선택적인 토르크가 상기 가이드 롤러 수단에 의해 적용됨을 특징으로 하는 광섬유의 제조방법.

청구항 7. 제 6항에 있어서, 상기 가이드 롤러 수단에 의해 토르크를 적용시키는 단계가 상기 가이드 롤러를 섬유 인발 방향에 실질적으로 동일한 축에 대하여 왕복운동을 유발시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유의 제조방법.

청구항 8. 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품에 있어서, 상기 섬유가 히토류 원소로 도프된 내부 유리 코어 및 외부 투명한 유리 클래딩을 포함하고, 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 상기 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 형성된 복수의 모드 커플링 부위가 상기 섬유에 표시되며, 상기 부위는 섬유에 토르크를 적용시켜 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 뉘틀럼에 의해 형성됨을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 9. 제 8항에 있어서, 상기 섬유상에 미터당 1 내지 10의 뉘틀럼이 새겨짐을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 10. 제 8항에 있어서, 상기 섬유상에 미터당 5의 뉘틀럼이 새겨짐을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 11. 제 8항에 있어서, 상기 뉘틀럼이 시계방향 및 반시계 방향으로 선택적으로 토르크를 적용시켜

섬유상에 새겨짐을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 12. 제 11항에 있어서, 상기 선택적인 토르크가 약 1/2미터 이하의 간격으로 적용됨을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 13. 제 8항에 있어서, 상기 뒤틀림이 약 60 및 360 ° 사이의 회전임을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 14. 제 8항에 있어서, 상기 뒤틀림이 완전한 360 ° 회전임을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 15. 제 8항에 있어서, 상기 뒤틀림이 약 1 내지 5 사이의 완전 회전임을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 16. 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품에 있어서, 상기 섬유가 히토류 원소로 도프된 내부 유리 코어 및 외부 투명한 유리 클래딩을 포함하며, 상기 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 형성되고 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 복수의 모드 커플링 부위가 상기 섬유에 더욱 표시된 것을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 17. (a) 투명한 외부 유리 클래딩에 의해 감싸어진 에르븀으로 도프된 내부 유리 코어를 갖는 예형을 제공하는 단계;

(b) 통상의 방법으로 상기 예형으로부터 섬유를 인발시키는 단계;

(c) 섬유의 세로축을 따라 규칙적인 간격으로 복수의 뒤틀림을 부여하는 단계를 포함하고, 이에 의해 형성된 복수의 모드 커플링 부위는 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 것을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 하나의 단일모드 광섬유를 제조하는 방법.

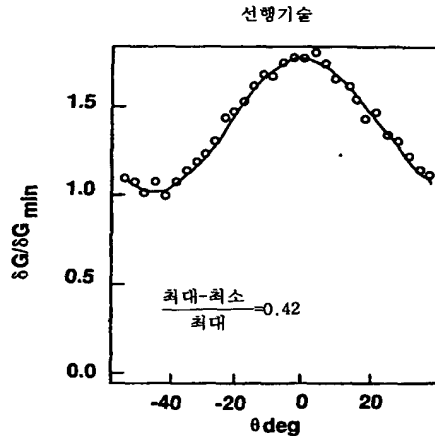
청구항 18. 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품에 있어서, 상기 섬유가 히토류 원소로 도프된 내부 유리 코어 및 외부 투명한 유리 클래딩을 포함하고, 상기 섬유의 세로축을 따라 미리 결정된 간격으로 형성되어 감소된 DOP(편광도)를 제공하는 복수의 모드 커플링 부위가 상기 섬유에 더욱 표시되며, 상기 부위는 섬유에 토르크를 적용시켜 섬유의 세로축을 따라 미리 결정된 간격으로 뒤틀림에 의해 형성됨을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품.

청구항 19. 제 18항에 있어서, 상기 유리 코어가 에르븀으로 도프됨을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품.

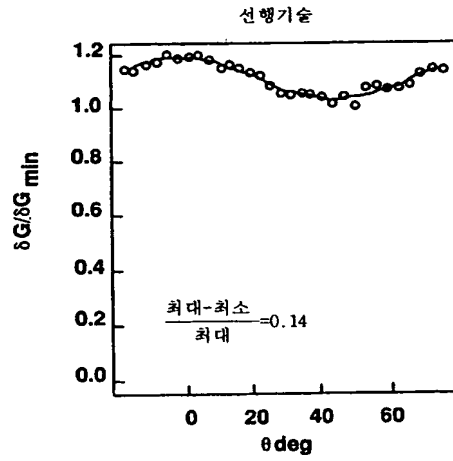
청구항 20. 제 19항에 있어서, 상기 섬유상에 미터당 1 내지 10의 뒤틀림이 새겨짐을 특징으로 하는 증폭된 섬유 광학 시스템에 사용하기에 적합한 적어도 하나의 단일모드 광섬유를 포함하는 제품.

도면

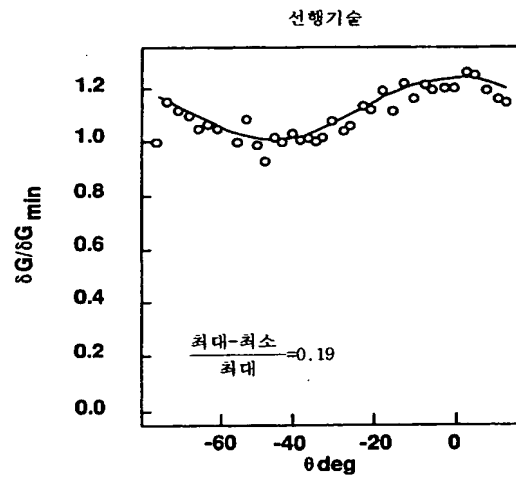
도면1



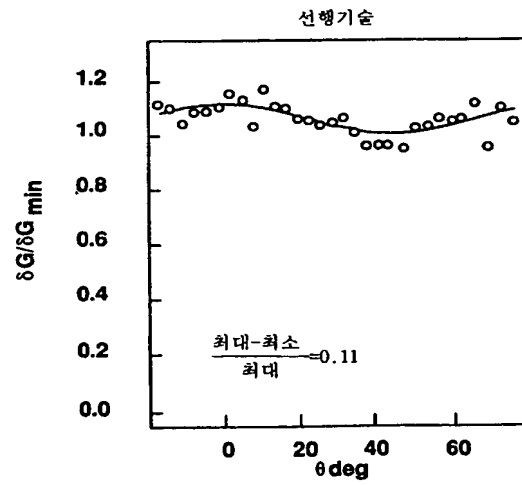
도면2



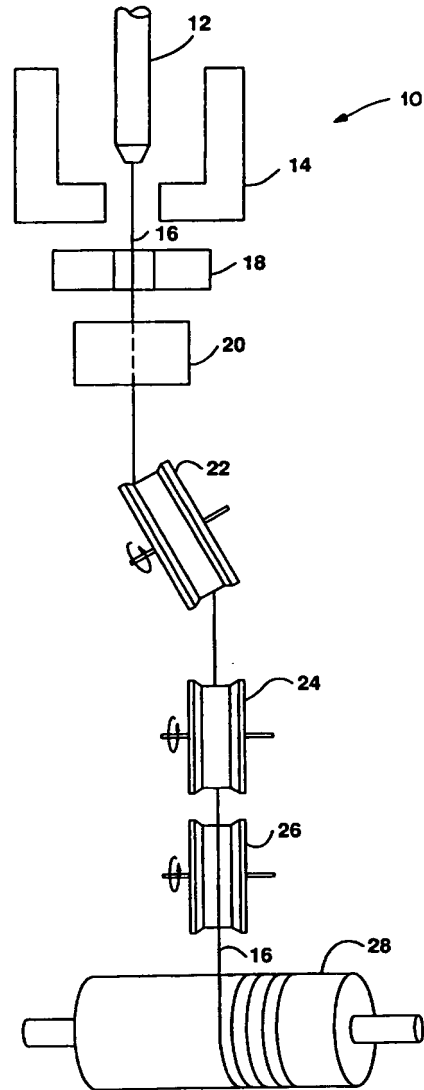
도면3



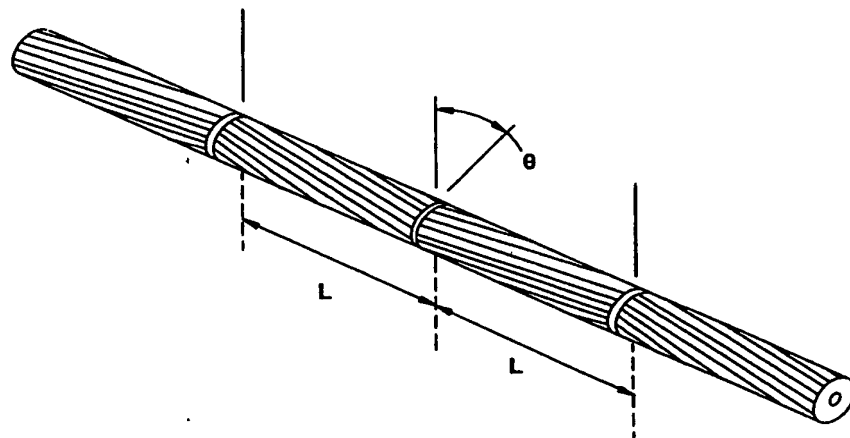
도면4



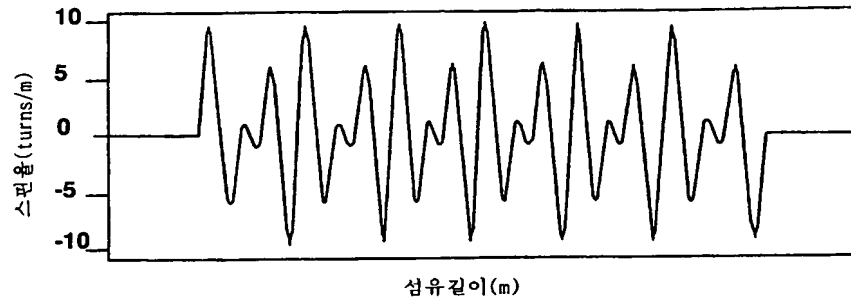
도면5



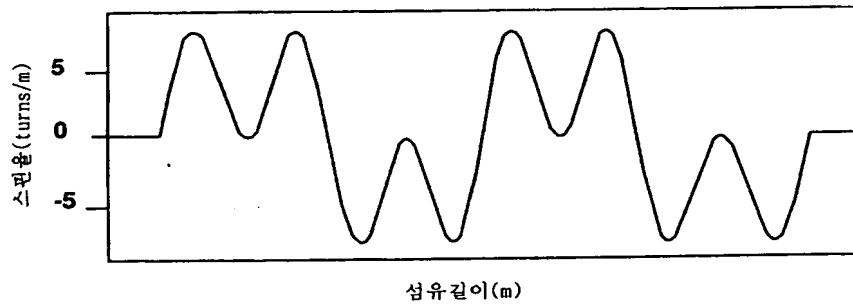
도면6



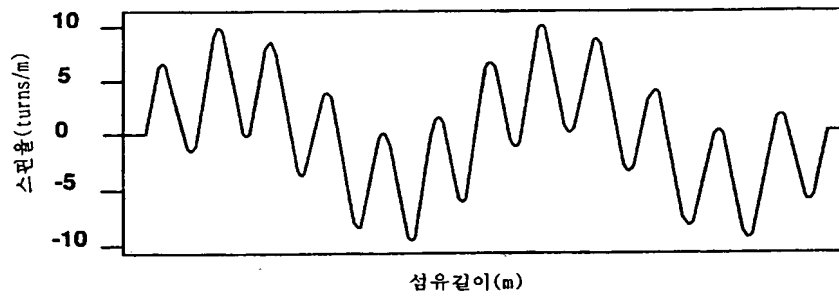
도면7



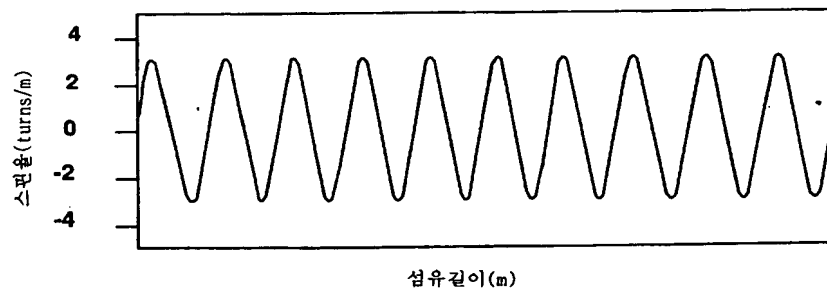
도면8



도면9



도면10



도면11

